L'AGRONOMIE
TROPICALE

Extrait du n° ~~6~~ 1
Janvier-Février 1955
~~Novembre-Décembre 1954~~

LA FUSARIOSE DES FRUITS DES CAFÉIERS EN OUBANGUI-CHARI DUE A *Fusarium equiseti* var. *intermedeum* n. var.

par **A. M. SACCAS**
Chef de la Section de Phytopathologie. Station Centrale de Boukoko (A. E. F.)



LA FUSARIOSE DES FRUITS DES CAFÉIERS EN OUBANGUI-CHARI DUE A *Fusarium equiseti* var. *intermedeum* n. var.

par **A. M. SACCAS**
Chef de la Section de Phytopathologie. Station Centrale de Boukoko (A.E.F.)

I. INTRODUCTION

A la suite de tournées effectuées en 1953 dans les régions Est et Ouest de l'Oubangui-Chari, GONTIER, Chef du Service de l'Agriculture du Territoire et DIDOLOT, Directeur de la Station Centrale de Boukoko, nous signalaient la présence d'une grave affection sur les jeunes fruits des caféiers, à peine noués, qui noircissaient en se momifiant, puis se couvraient d'une moisissure blanc jaunâtre, d'aspect farineux, laissant supposer qu'il s'agissait d'une attaque fusarienne. Ils estimaient que les dégâts variaient de 10 % à 40 %.

Dans les parcelles expérimentales de *Coffea robusta* et *C. arabica* de la Station de Boukoko, nous avons observé la même maladie entraînant la perte de 3 à 10 % de jeunes cerises. Une enquête effectuée dans quelques plantations de la région de la Lobaye a révélé que cette mycose était présente un peu partout. Nous l'avions remarquée pour la première fois en 1950 dans l'Est Oubangui, en particulier à la Koundji (District de Kembé) et à Niakari (District de Bangassou), mais ses attaques étaient alors sporadiques et les dégâts minimes. En 1951, DROUILLON l'observait également dans plusieurs plantations de l'Est du Territoire, mais ne lui attribuait pas une importance économique inquiétante, tandis que, cette année, il a évalué parfois à 40 % la perte de production imputable à cette maladie, en particulier sur *Coffea* « de la Nana ».

Etant donné son extension, surtout dans la zone Sud-Ouest de l'Oubangui, et les dommages commis, nous avons entrepris l'étude morphologique, biologique et expérimentale du parasite en cause. Les résultats sont l'objet de la présente Note.

II. CARACTÈRES MACROSCOPIQUES DE LA MALADIE

Le champignon attaque les fruits de *Coffea robusta*, *C. arabica* et *C.* « de la Nana » pendant toute leur croissance, mais les infections les plus importantes s'observent généralement sur les très jeunes cerises, à peine nouées, dès la chute des pétales ; elles se manifestent avec la même intensité au cours des premiers stades de leur développement, surtout par temps humide et pluvieux, puis elles diminuent sensiblement et cessent à l'approche de la maturité.



FIG. 1. — Jeunes fruits de *Coffea robusta* profondément altérés par suite d'une attaque du *Fusarium*.

Sur les jeunes fruits, la maladie débute par le pédoncule encore très tendre qui s'altère profondément et noircit. L'altération gagne progressivement l'ensemble du fruit qui brunit, noircit et se dessèche rapidement ; sa surface se couvre,surtout lorsque le degré hygrométrique de l'atmosphère est élevé, d'un feutrage lâche, blanc sale, d'aspect farineux, constitué par les fructifications du champignon. Le parasite envahit rapidement tous les fruitsdu glomérule, selon le même processus (fig. 1). Fréquemment, il se développe sur l'ensemble des fruits d'un rameau et, surtout lorsque l'humidité atmosphérique est favorable et que l'attaque s'est produite avant que les fruits aient atteint le tiers de leur grosseur normale, il n'est pas rare que 30 % de l'ensemble de la production d'un caféier soient détruits.

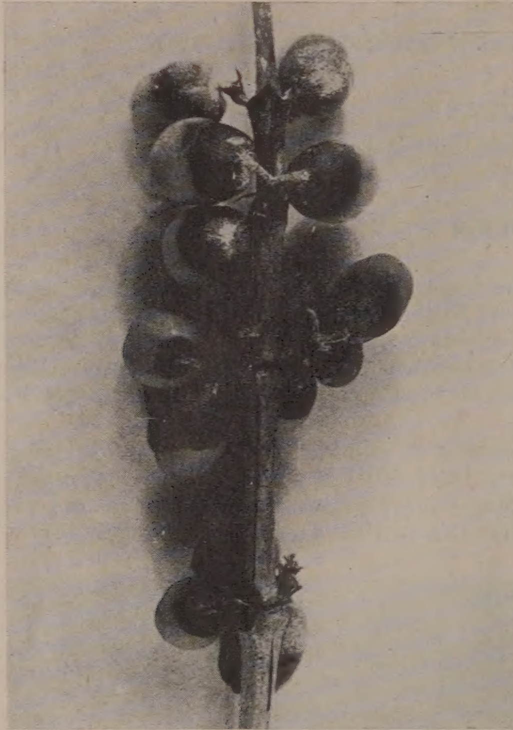


Fig. 2. — Fruits de *Coffea arabica* portant des taches nécrotiques couvertes,ainsi que les pédoncules, par les fructifications blanchâtres du champignon.

Sur les fruits adultes, la maladie est plus rare. Elle débute également par les pédoncules et gagne les fruits eux-mêmes sur lesquels apparaît une tache nécrotique brune, qui tend à envahir toute leur surface. Les parties nécrosées et les pédoncules portent les fructifications blanchâtres du champignon (fig. 2). Le péricarpe des fruits ainsi atteints s'altère, puis noircit et se dessèche. Les graines noircissent également et se ratatinent. Lorsqu'elles sont en voie de formation, elles sont réduites à leurs téguments. Un contrôle anatomique a mis en évidence que les hyphes mycéliennes du champignon pénè trent dans les tissus du péricarpe en y provoquant des altérations profondes. Mais, dans les graines, nous n'avons pu observer de filaments ; leur mort semble due au fait que, le pédoncule des fruits étant le premier attaqué et détruit, la circulation de la sève est arrêtée et il en résulte le dessèchement des jeunes graines en formation et du fruit tout entier, quelle que soit sa grosseur au moment de l'attaque.

D'après nos observations, le champignon se développe tout d'abord comme saprophyte sur les pétales fanés encore attachés, qui portent de nombreuses fructifications surtout visibles aux heures matinales, lorsque la rosée couvre encore feuilles, fruits et rameaux. De cette vie saprophytique, le champignon passe à la vie parasitaire en attaquant les tissus vivants des jeunes fruits. Il est possible que sa pénétration dans les pédoncules soit directe, surtout chez les jeunes cerises. Il se peut aussi qu'elle soit facilitée par une piqûre d'insecte ou un traumatisme quelconque chez les plus développées ; cependant l'examen d'un nombre important de pédoncules porteurs de fruits atteints n'a permis de déceler aucune trace de plaie à leur surface.

III. ÉTUDE MICROSCOPIQUE DU CHAMPIGNON

Le champignon a été cultivé comparativement sur les milieux nutritifs suivants : Sabouraud dextrose agar, potato dextrose agar, bean pod agar, corn meal agar, Lima bean agar, prune agar, extrait de malt gélosé, tranches de carotte et de pomme de terre. Nous donnons ci-après les caractères culturaux, micrographiques et biométriques sur chacun des milieux ainsi que les caractéristiques du champignon sur la plante-hôte.

1° Sur Sabouraud

A) *Caractères culturaux* : Mycélium aérien abondant à croissance rapide, vigoureux, floconneux, duveteux, envahissant rapidement (cinq à six jours) la surface du milieu ; au début blanc, puis blanc sale ; blanc jaunâtre ou jaunâtre au contact des parois du tube et sur le pourtour ; jaune, jaune havane, par plages. Plectenchyme très mince, lisse, au début jaune clair, puis jaune havane, jaune bistre à jaune verdâtre brun. Substratum d'abord incolore, devenant jaune havane à reflet verdâtre et brun foncé sur les cultures âgées. Pionnotes, sporodochies, sclérotes, périthèces : absents.

B) *Caractères micrographiques* :

a) Macroconidies relativement peu abondantes, 1-5 septées, 3-septées prédominantes ; à base tétiniforme, obconoïde, indifférenciée, subpédiforme, rarement pédiforme ; subrectilignes ou à courbure modérée, à maximum diamétral en général dans la moitié supérieure, ou médian ; à sommet effilé, modérément recourbé ou infléchi en forme de bec ; plus rarement rectilignes ou légèrement sinueuses.

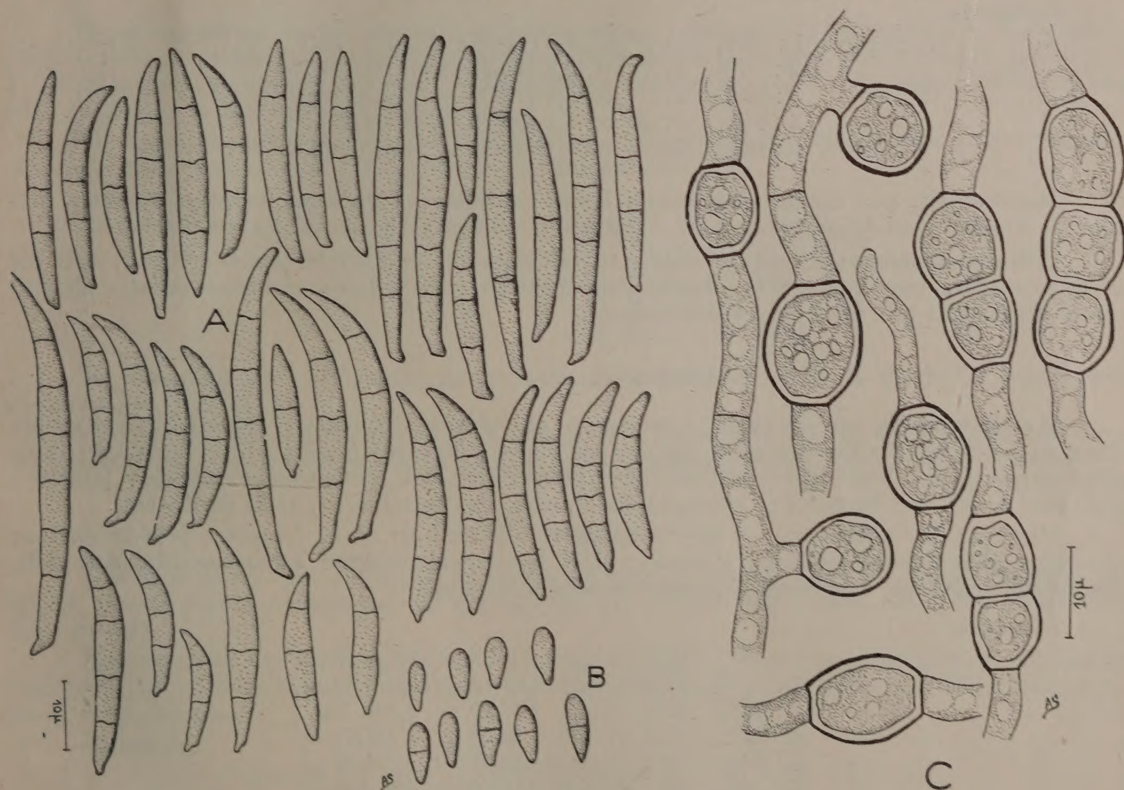


Fig. 3. — A : Macroconidies. B : Microconidies. C : Chlamydospores.

Biométrie sur cent macroconidies mesurées :

Septées	1 : 12 %	15,7 × 2,9	(13-19 × 2,5-3,4) µ.
—	2 : 16 %	16,5 × 2,85	(14-24 × 2,3-3,5) µ.
—	3 : 44 %	27,5 × 3,24	(24-35 × 3,1-4) µ.
—	4 : 8 %	28,2 × 3,45	(22-37 × 3,2-4,1) µ.
—	5 : 20 %	31,4 × 3,9	(27-40 × 3,4-4,5) µ.

b) Microconidies peu nombreuses, uni et bicellulaires, longuement ovoïdes à subcylindriques, 7-18 × 2,1-2,9 µ.

c) Chlamydospores conidiennes absentes ; mycéliennes abondantes, unicellulaires (8-12 × 8-10 µ), bicellulaires (16-22 × 8-11 µ) ou en chaînes, intercalaires et acrogènes, lisses (fig. 3, C).

2° Sur potato dextrose agar

Mycélium aérien relativement pauvre, duveteux, floconneux d'aspect farineux surtout vers la périphérie, à croissance assez lente, au début blanc, blanc jaunâtre, blanc sale par plages, devenant jaune brunâtre, jaune havane en vieillissant. Stroma peu plectenchymateux, mince, au début jaune pâle, puis jaune brun et brunâtre sur les cultures âgées. Substratum au début incolore, puis jaunâtre, jaune havane, bistre verdâtre. Pionnotes et sporodochies absents. Aucune formation de sclérotes, ni de périthèces.

Macroconidies abondantes à très abondantes, 1-5 septées, 3-septées prédominantes, à six cloisons absentes ou rares ; à base tétiniforme, obconoïde, indifférenciée, subpédiforme, rarement pédiforme ; subrectilignes ou à courbure modérée, à maximum diamétral sur la moitié supérieure, ou médian et à sommet effilé modérément recourbé ou infléchi en forme de bec ; moins souvent rectilignes à sommet recourbé.

Biométrie :

Septées	1 : 9 %	14,1 × 3,2	(12-16 × 3-3,5) μ.
—	2 : 8 %	17,1 × 3,4	(13-22 × 3 -4) μ.
—	3 : 53 %	25,3 × 4,1	(19-35 × 3-4,5) μ.
—	4 : 14 %	31,25 × 4,1	(25-35 × 3,5-4,5) μ.
—	5 : 16 %	33,34 × 4,1	(29-42 × 4-4,5) μ.

Microconidies peu nombreuses, unicellulaires, bicellulaires, rarement 2-septées, ovoïdes, longuement ovoïdes à subcylindriques, 8-16 × 2,3-3 μ, disposées isolément sur les conidiophores.

Chlamydospores conidiennes absentes ; mycéliennes absentes sur les jeunes cultures, rares sur les cultures âgées, unicellulaires, bicellulaires, rarement en chaînes, lisses, acrogènes et intercalaires ; mêmes dimensions que sur le précédent milieu.

3° Sur bean pod agar

Mycélium aérien peu abondant, à croissance plutôt lente, blanchâtre, réparti à la surface du milieu en petite touffes floconneuses ; parfois, par plages blanc pulvérulent, surtout sur les parties périphériques de la colonie. Plectenchyme mince, jaune d'ocre clair, parfois nul. Substratum jaunâtre, puis jaune brunâtre. Pionnotes et sporodochies absents. Pas de sclérotes, ni de périthèces.

Macroconidies abondantes à très abondantes, 1-6 septées, 3 et 5-septées prédominantes ; à courbure généralement modérée ; à sommet effilé, légèrement recourbé ; à baseconoï de, obconoïde, tétiniforme, acuminée, subpédiforme, moins souvent pédiforme.

Biométrie :

Septées	1 : 6 %	15,7 × 2,9	(13-17 × 2,6-3) μ.
—	2 : 2 %	16,9 × 3,1	(12-19 × 2,5-3,5) μ.
—	3 : 26 %	27,5 × 3,5	(23-32 × 3,1-4,2) μ.
—	4 : 22 %	30,5 × 3,8	(26-40 × 3,5-4,5) μ.
—	5 : 38 %	33,2 × 4,22	(30-39 × 3,7-4,8) μ.
—	6 : 6 %	44 × 4,81	(41-46 × 4,6-5,1) μ.

Microconidies peu nombreuses uni et bicellulaires, longuement ovoïdes ,subovoïdes à subcylindriques.

Chlamydospores conidiennes, absentes ; mycéliennes rares et seulement dans les cultures âgées, intercalaires et acrogènes.

4° Sur corn meal agar

Mycélium aérien peu développé, pauvre, à croissance lente, farineux, poudreux, blanc au début, puis blanc sale à blanc jaunâtre. Plectenchyme très mince, lâche. Substratum jaune très clair, puis jaune brunâtre. Pionnotes et sporodochies absents.

Macroconidies abondantes à très abondantes, 1-5 septées, 3-septées prédominantes, à six cloisons absentes. Cloisons droites ou sinueuses. Mêmes formes que sur le milieu précédent.

Biométrie :

Septées	1 : 10 %	14,8 × 2,64	(13-17 × 2,4-2,9) μ.
—	2 : 16 %	16,4 × 2,97	(15-19 × 2,9-3,1) μ.
—	3 : 58 %	22,7 × 3,22	(19-27 × 2,9-3,7) μ.
—	4 : 12 %	23,66 × 3,75	(22-25 × 3,5-4,1) μ.
—	5 : 4 %	28 × 3,8	(26-30 × 3,7-3,9) μ.

Microconidies peu nombreuses, et, dans quelques cultures, rares ; uni et bicellulaires, longuement ovoïdes et subcylindriques.

Chlamydospores conidiennes absentes ; mycéliennes rares et seulement dans les cultures âgées de plus d'un mois, uni et bicellulaires, rarement en chaînes, lisses.

5° Sur lima bean agar

Mycélium aérien pauvre, floconneux vers le centre, poudreux vers la périphérie, blanc, lâche, hispide, formant parfois des petites colonnettes (corémies). Plectenchyme peu développé, très mince, au début incolore puis jaune très pâle, à reflet rosâtre. Substratum incolore ou légèrement jaune très pâle. Pionnotes et sporodochies absents.

Macroconidies abondantes à très abondantes ; 1-5 septées, à trois cloisons prédominantes ; cloisons droites ou sinueuses ; mêmes formes que précédemment.

Biométrie :

Septées	1 : 12 %	13,75 × 2,61	(12,5-16 × 2,4-2,9) μ.
—	2 : 26 %	17 × 2,9	(14-21 × 2,5-3,2) μ.
—	3 : 52 %	21,6 × 3,24	(17-25 × 2,9-3,5) μ.
—	4 : 6 %	30 × 3,87	(27-34 × 3,5-4,1) μ.
—	5 : 4 %	34 × 4,65	(30-35 × 4-4,8) μ.

Microconidies peu nombreuses ou rares, uni et bicellulaires, rarement triseptées, longuement ovoïdes à subcylindriques.

Chlamydospores conidiennes absentes, même dans les cultures âgées ; mycéliennes, très rares et seulement dans les cultures de plus d'un mois, uni et bicellulaires, rarement en chaînes, lisses.

6° Sur prune agar

Mycélium aérien peu développé, à croissance lente, poudreux, farineux, blanc, formant une colonie à peine visible et discontinue. Plectenchyme nul. Substratum incolore. Pionnotes et sporodochies absents.

Macroconidies abondantes, 1-5 septées ; mêmes formes que précédemment, mais absence de macroconidies à base pédiforme ; base généralement tétiniforme, subconoïde ou indifférenciée, rarement subpédiforme.

Biométrie :

Septées	1 : 4 %	13,25 × 3,25	(11,5-15 × 3-3,5) μ.
—	2 : 4 %	16,25 × 3,25	(15-17 × 3-3,5) μ.
—	3 : 48 %	22,5 × 3,45	(17-28 × 3-4) μ.
—	4 : 18 %	25,1 × 3,72	(20,5-27 × 3,5-4) μ.
—	5 : 26 %	28,4 × 3,93	(24-32 × 3,5-4,5) μ.

Microconidies peu nombreuses, uni et bicellulaires, rarement 2-septées.

Chlamydospores conidiennes et mycéliennes absentes, même dans les cultures âgées.

7° Sur extrait de malt gélosé

Mycélium aérien assez développé, blanc floconneux au centre, poudreux vers la périphérie, devenant jaune sale, brunâtre dans les cultures âgées. Colonie d'aspect irrégulier, parsemée de touffes de mycélium dressées. Plectenchyme mince, lisse, jaune bistre. Substratum jaune havane à reflet rosâtre. Pionnotes et sporodochies absents.

Macroconidies abondantes 1-5 septées ; mêmes formes que précédemment, pédiformes rares, le plus souvent à base tétiniforme, subconoïde ou indifférenciée.

Biométrie :

Septées	1 : 20 %	14,7 × 2,98	(13,5-16 × 2,9-3,1) μ.
—	2 : 16 %	19,1 × 3,4	(18-21 × 3,2-3,5) μ.
—	3 : 44 %	24,5 × 3,51	(20,5-32 × 3-3,9) μ.
—	4 : 8 %	29,3 × 3,9	(27-32 × 3,8-4) μ.
—	5 : 12 %	31,18 × 4	(28-34 × 3,6-4,1) μ.

Microconidies rares ou très rares, uni et bicellulaires, rarement triseptées, longuement ovoïdes à subcylindriques.

Chlamydospores conidiennes absentes, même dans les cultures âgées ; mycéliennes rares et seulement dans les cultures très âgées, lisses, uni et bicellulaires, rarement en chaînes.

8° Sur tranches de carotte

Mycélium aérien peu abondant, floconneux, hispide par plages, farineux, blanc, blanc sale. Plectenchyme peu épais, lisse ou chagriné, brun jaunâtre, parfois à reflet verdâtre. Pionnotes et sporodochies absents.

Macroconidies abondantes, 1-5 septées ; même formes que précédemment, à base conoïde, subconoïde, tétiniforme on indifférenciée, rarement pédiforme.

Biométrie :

Septées	1 : 5 %	14,8 × 2,96	(14-16 × 2,5-3,2) μ.
—	2 : 6 %	15,1 × 2,6	(15-17 × 2,4-2,9) μ.
—	3 : 41 %	23,9 × 3,43	(15-32 × 2,5-4,1) μ.
—	4 : 16 %	28 × 3,8	(24-41 × 3,1-4,1) μ.
—	5 : 32 %	29,1 × 4	(24-37 × 3,5-4,5) μ.

Microconidies rares ou très rares, uni et bicellulaires, rarement biseptées, longuement ovoïdes à subcylindriques, à base acuminée.

Chlamydospores conidiennes absentes ; mycéliennes absentes dans les jeunes cultures, peu nombreuses dans les cultures âgées, uni et bicellulaires.

9° Sur tranches de pomme de terre

Mycélium aérien blanc, floconneux, hispide, par plages farineux poudreux, devenant blanc sale en vieillissant. Plectenchyme plus ou moins épais, ridé, brun jaunâtre. Pionnotes et sporodochies absents.

Macroconidies abondantes, 1-5 septées ; de formes identiques aux précédentes ; à base pédiforme, rares.

Biométrie :

Septées	1 : 4 %	13,25 × 3,25	(11,5-15 × 3-3,5) μ.
—	2 : 4 %	16,25 × 3,25	(15-17 × 3-3,5) μ.
—	3 : 48 %	22,5 × 3,45	(17-28 × 3-4) μ.
—	4 : 18 %	25,1 × 3,72	(20,5-27 × 3,5-4) μ.
—	5 : 26 %	28,4 × 3,93	(24-32 × 3,5-4,5) μ.

Microconidies rares à très rares, uni et bicellulaires, longuement ovoïdes à subcylindriques, à base nettement acuminée.

Chlamydospores conidiennes absentes ; mycéliennes, rares et seulement dans les cultures âgées de plus d'un mois, uni et bicellulaires, à surface lisse.

10° Sur fruits de *Coffea robusta*

Mycélium aérien, hispide, lâche, farineux, poudreux, blanc sale, couvrant toute la surface altérée et brunie des fruits au fur et à mesure qu'elle s'étend.

Macroconidies très abondantes et de dimensions plus grandes que sur milieux artificiels. Généralement polymorphes, avec deux types bien distincts et entr'eux une grande diversité de formes : les unes subrectilignes, à courbure modérée un peu plus accusée au sommet qui est effilé et faiblement recourbé, à base tétiniforme, obconoïde, acuminée, subpédiforme ou indifférenciée ; les autres, falciformes, à sommet plus ou moins effilé, recourbé en bec, parfois même presque rectilignes ou faiblement sinusoïdes, à sommet à peine recourbé, à base pédiforme, subpédiforme, à maximum diamétral médian ou situé sur la moitié supérieure, rarement inférieure (Fig. 3, A) ; à membrane généralement mince ; 1-5 septées, 3-septées prédominantes, à six cloisons absentes ou très rares ; à cloisons plus ou moins régulièrement espacées, droites ou sinueuses, avec une légère saillie, sur certaines macroconidies âgées, au niveau de leur attachement.

Biométrie :

Septées	1 : 10 %	24,5 × 3,3	(18-31 × 3-4) µ.
—	2 : 7 %	23,3 × 3,64	(20-25 × 3,5-4,5) µ.
—	3 : 62 %	29,5 × 3,7	(20,5-49 × 3-4,5) µ.
—	4 : 7 %	40,4 × 4	(35-46 × 3,5-4,5) µ.
—	5 : 14 %	46,39 × 4,17	(37-57 × 3,4-4,8) µ.
—	6 : très rares.		

Microconidies, rares à très rares, uni et bicellulaires, longuement ovoïdes, subcylindriques à subfusoïdes, à base légèrement acuminée on indifférenciée ; 7-18 × 2,5-3 µ (Fig. 3, B).

Chlamydospores conidiennes et mycéliennes absentes dans tous les échantillons examinés.

De son étude morphologique, micrographique et biométrique sur des milieux nutritifs variés et sur le support naturel, il résulte que ce *Fusarium*, par ses caractères culturaux, par la forme de ses macroconidies et surtout par l'absence de pionnotes et de sporodochies, par la rareté des chlamydospores mycéliennes et l'absence des conidiennes, ainsi que par ses microconidies rares uni et bicellulaires, pourrait être classé dans la section *Arthrosporiella* SHERB. avec rapprochement possible au *F. semitectum* BERK et RAV.

Mais, la présence de macroconidies à base pédiforme et subpédiforme à pourcentage élevé, surtout sur milieu naturel, ainsi que leurs formes permettent de le ranger dans la section *Gibbosum* WR et de le rapprocher du *F. equiseti* (CDA) SACC. Cependant, la diversité de formes des macroconidies, leurs dimensions et le nombre de cloisons, ses colonies à végétation relativement chétive, la rareté des chlamydospores et des microconidies et l'absence de pionnotes et sporodochies, permettent de le considérer comme une nouvelle variété. Nous proposons pour ce parasite des cerises de caféiers le nom de *Fusarium equiseti* var. *intermedeum* n. var.

IV. ÉTUDE BIOLOGIQUE

La biologie de *F. equiseti* var. *intermedeum* et plus spécialement la détermination des exigences thermiques et hygrométriques de germination des micro et macroconidies ont fait l'objet d'une étude détaillée *in vitro* au laboratoire.

1° GERMINATION DES CONIDIES

Les macroconidies placées en goutte pendante d'eau stérile (de pluie ou glucosée à 2 %) dans des cellules de Van Tieghem germent en des temps variables suivant la température.

A 28 et 29° C la germination dans les conditions de l'expérience débute au bout de trois à cinq heures. Un peu avant l'apparition des tubes germinatifs, les parties intercloisonnaires des conidies se gonflent tandis que les cloisons conservent leur largeur normale, donnant ainsi aux conidies un aspect tonnelé. Le cytoplasme devient granuleux et en même temps apparaissent de nombreuses gouttelettes lipidiques arrondies. Puis, sur la partie apicale de la spore, fait saillie une petite protubérance cylindrique à membrane mince et incolore qui est le point de départ du filament germinatif. A ce stade, sur la plupart des conidies en germination, on observe deux tubes germinatifs, chacun prenant naissance à chaque extrémité, rarement plus.

Au bout de cinq à huit heures, tandis que les tubes germinatifs s'allongent et atteignent 20-25 µ de long, de nouvelles germinations se produisent. A 29°, la germination est alors totale tandis qu'à 28°, elle n'est que de 75 %.

Au bout de douze heures, à 28°, la germination est terminée. Suivant les conidies, les tubes

germinatifs mesurent 40-160 µ de long ; ils sont cylindriques (3-4 µ θ). Leur cytoplasme est parsemé de nombreuses vacuoles arrondies à ovales mises en évidence par une coloration au rouge neutre. Ils portent des cloisons transversales régulièrement espacées. Chaque macroconidie émet en général un ou deux tubes germinatifs qui naissent le plus souvent aux extrémités, parfois trois ou quatre qui se forment alors sur les cellules médianes (fig. 4). A ce stade, les filaments n'émettent que très rarement des ramifications secondaires.

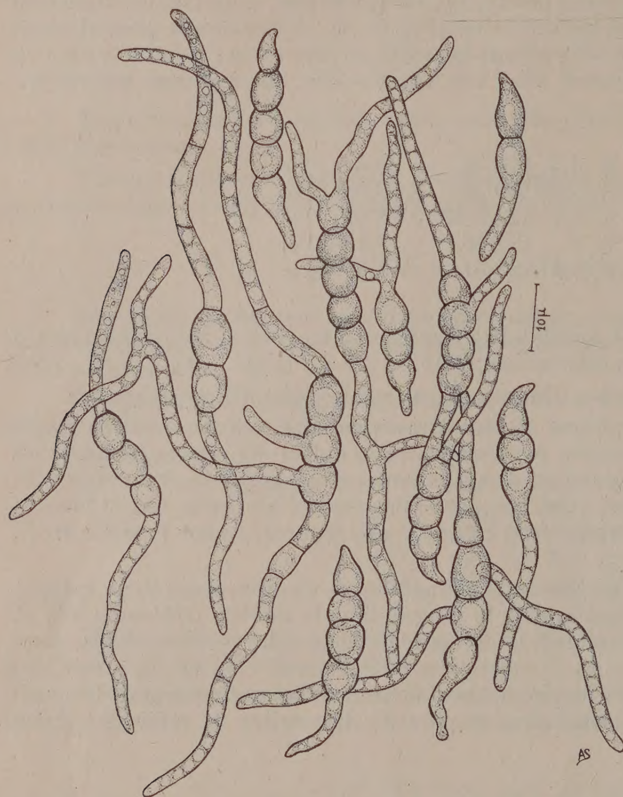


Fig. 4. — Aspect de germination des macroconidies observée en cellule de Van Tieghem au bout de douze heures à 28° C.

Au bout de vingt-quatre heures, les tubes germinatifs peuvent atteindre 250 µ de long. Au cours de leur élongation, des ramifications secondaires prennent naissance entre deux cloisons et sous un angle généralement ouvert. Les cellules des macroconidies, d'où sont sortis les filaments, se vident de leur contenu cytoplasmique qui se déplace dans les filaments en croissance et est remplacé par une grosse vacuole qui occupe presque toute la cavité cellulaire.

Au delà de vingt-quatre heures, il est difficile d'observer l'évolution des filaments germinatifs car, mêlés à ceux des conidies voisines, ils forment un réseau dense.

La germination des macroconidies est plus facile à suivre dans des cellules de Ranvier contenant une couche mince du milieu potato dextrose agar ensemencée avec des conidies en suspension dans l'eau à l'aide d'un micropulvérisateur. L'ensemble des préparations était placé dans une chambre humide de Malassez, où était maintenue une atmosphère saturée de vapeur à la température de 29° C. Ce procédé nous a permis d'observer également le mode de formation des conidiophores et des conidies. Comme en goutte pendante, la germination commence au bout de trois heures et est totale au bout de cinq à huit heures à 29°. Chaque conidie donne naissance de un à quatre filaments, le plus souvent deux. La germination est généralement terminale mais elle peut être aussi subterminale et latérale. Toutes les cellules peuvent émettre un ou deux filaments. En progressant les tubes germinatifs donnent au bout de douze à vingt-quatre heures des filaments secondaires (fig. 5), puis des ramifications du troisième degré et ainsi de suite. Ainsi, au bout de trois jours, le réseau de filaments est très dense ; ils forment une petite colonie arrondie à contour fimbriant qui peut atteindre 1-3 mm de diamètre. Trois ou quatre jours après l'ensemencement, on observe la formation des premiers conidiophores. Ils naissent en général sur des filaments périphériques entre deux cloisons et sous un angle droit. Parfois l'extrémité d'un filament se transforme en conidiophore. Les conidiophores sont verticillés et à chaque étage portent des ramifications phialidiformes (fig. 6) à l'extrémité desquelles naissent solitairement les micro et macroconidies. Chaque ramification peut donner d'autres phialides prenant naissance au même niveau. Ainsi conidiophores et conidies peuvent se former au bout de trois à quatre jours après la mise en germination à 29° C.

2° Influence de la température sur la germination des conidies

Les températures optimum, maximum et léthale des micro et macroconidies ont été déterminées d'après le pourcentage de conidies germées et la longueur des tubes germinatifs en des temps déterminés en présence d'une humidité saturée sous forme d'eau liquide. La température minimum n'a

pu être connue en raison de l'impossibilité d'obtenir des températures inférieures à 20° C. Cependant un frigidaire nous a permis d'observer qu'à 0 et — 2° aucune germination ne se produit au bout de trois jours. Soumises ensuite à une température de 29° pendant douze heures, 85 % des macroconidies germent et leurs filaments sont plus longs et plus vigoureux que ceux observés dans les conditions normales. Cet essai ne présente pas d'intérêt pratique puisqu'en Oubangui-Chari, la température ne descend pas au-dessous de 12°, même pendant les nuits froides.

L'expérience a porté sur les températures suivantes : 20, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 35 et 40° C. Pour chacune, ont été préparées six cellules de Ranvier aseptiques portant dans leur cavité du milieu potato dextrose agar ensemencé avec une gouttelette d'eau de pluie stérile contenant une suspension de macroconidies prélevées directement sur fruits atteints de caféier. Chaque série de préparations était placée dans une chambre humide de Malassez pour assurer le maintien de l'atmosphère ambiante constamment saturée d'humidité, et elle-même introduite dans une étuve préalablement réglée à la température choisie. Le contrôle des germinations était effectué par des examens microscopiques après trois, huit, douze, dix-huit et vingt-quatre heures. Les essais ont été répétés trois fois successives. Les résultats figurent dans le tableau et les deux graphiques suivants :

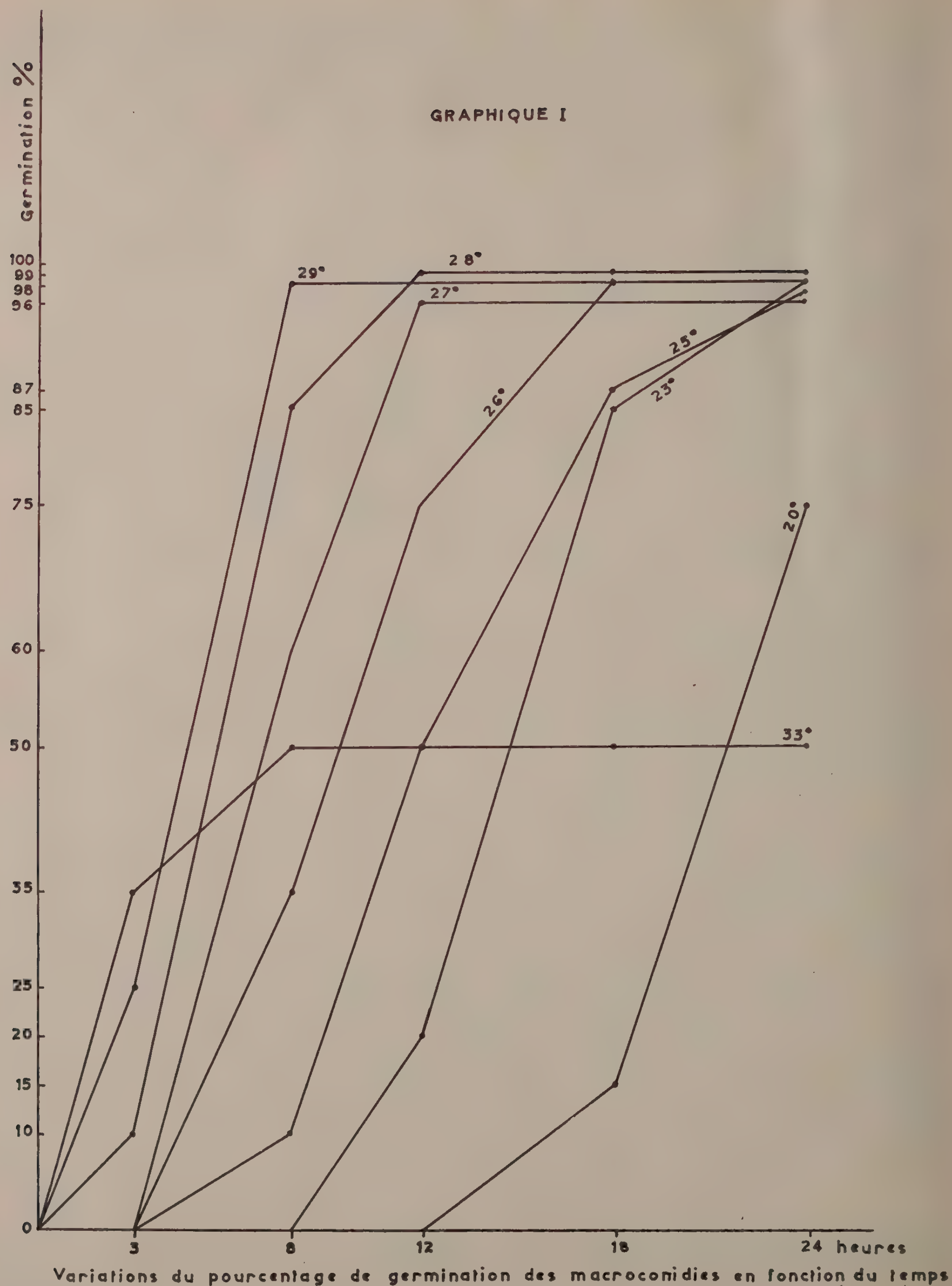


Fig. 5. — Aspect de germination d'une macroconidie observée en cellule de Ranvier au bout de vingt-quatre heures à 29° C.

Température en °C	Trois heures		Huit heures		Douze heures		Dix-huit heures		Vingt-quatre heures	
	Cg % (1)	L tg µ (2)	Cg %	L tg µ	Cg %	L tg µ	Cg %	L tg µ	Cg %	L tg µ
20	—	—	—	—	—	—	15	5- 15	75	20- 40
23	—	—	—	—	20	5- 20	85	10- 35	98	30- 70
25	—	—	10	5- 10	50	10- 30	87	15- 50	97	20-100
26	—	—	35	5- 25	75	10- 50	98	20- 80	98	60-140
27	—	—	60	10- 50	96	15-100	96	30-150	96	70-180
28	10	5-10	85	15-100	99	20-130	99	40-180	99	85-200
29	25	5-25	98	10-140	98	25-180	98	60-200	98	100-250
33	35	10-20	50	10- 60	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(1) Cg % = Pourcentage de germination des conidies.
(2) L tg µ = Longueur des tubes germinatifs en µ.

Ainsi, les macroconidies de *F. equiseti* var. *intermedeum*, en présence d'humidité saturée sous forme d'eau liquide, germent en des temps variables entre 20 et 33° C. Les températures les plus favorables se situent entre 28 et 29°, cette dernière étant l'optimum de germination dans les conditions de l'expérience. A 33°, 35 à 50 % de conidies germent au bout de trois à huit heures, mais l'action



Variations du pourcentage de germination des macroconidies en fonction du temps

prolongée de cette température non seulement n'entraîne pas la germination des conidies restantes mais arrête également toute croissance des filaments germinatifs de celles qui ont germé. Cette température (33°) constitue la température limite maximum de germination.

A 35°, les macroconidies ne germent pas même au bout de vingt-quatre heures, mais elles ne sont pas tuées car, placées ensuite à 29°, 80 à 90 % germent normalement au bout de trois à huit heures.

A 40°, elles sont tuées au bout de vingt-quatre heures au contact d'eau liquide ; si on les soumet ensuite à une température de 29°, aucune germination ne se produit. 40° est donc la température léthale. Tandis que les conidies meurent à 40° en milieu liquide, elles résistent pendant vingt-quatre heures à 50° en milieu non saturé d'humidité.

La germination est d'autant plus lente que la température décroît de 28 à 20°. Ainsi entre 27 et 25°, la germination ne se déclenche qu'au bout de huit heures et à 20°, de dix-huit heures (cf. graphiques I et II).

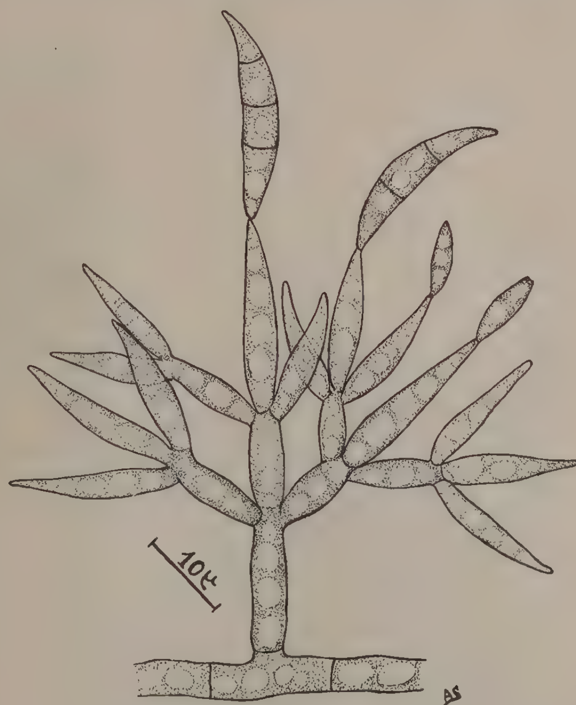


Fig. 6. — Conidiophore portant des micro et macroconidies du *Fusarium equiseti* var. *intermedeum*.

3° Influence de l'humidité sur la germination

Pour mettre en évidence l'influence de l'humidité et surtout de sa forme et du degré rendant possible la germination des conidies, celles-ci ont été placées dans de l'eau liquide, dans de la vapeur d'eau saturée et en atmosphère non saturée, la température étant constante et optimum (29° C). Le mode opératoire a été le suivant :

Premier essai :

a) Conidies en suspension dans une goutte pendante d'eau de pluie stérile dans les cellules de Van Tieghem, enfermées dans une chambre humide de Malassez permettant d'assurer une humidité ambiante saturée de vapeur d'eau.

b) Pulvérisation d'une suspension de conidies dans de l'eau de pluie stérile à l'aide d'un micro-pulvérisateur à la surface du milieu potato dextrose agar étalé dans les cavités de cellules de Ranvier, elles-mêmes maintenues dans une chambre humide afin que l'atmosphère soit constamment saturée de vapeur d'eau.

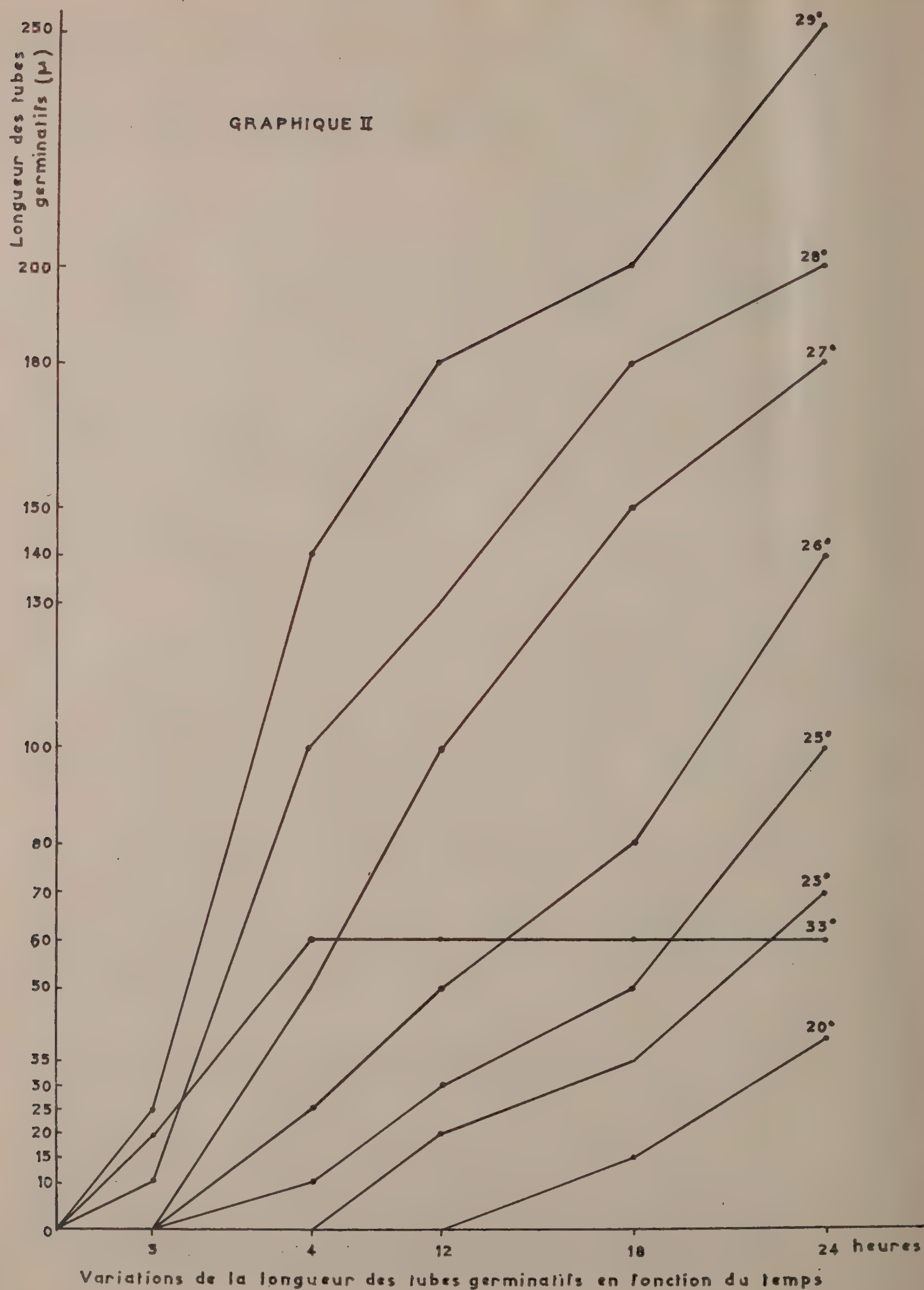
Deuxième essai :

c) Macroconidies déposées à la surface de lames couvertes d'une mince couche de gélose et gardées en chambre humide dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau.

Troisième essai :

d) Macroconidies déposées à la surface de lames couvertes d'une mince couche de gélose, l'ensemble des préparations étant placé dans un dessiccateur contenant du silicagel et dont le degré d'humidité de l'atmosphère était par conséquent inférieur à 100.

Ces quatre séries de montages étaient mises dans une étuve réglée à la température optimum de germination (29°) et contrôlées au microscope au bout de trois, six, douze, dix-huit et vingt-quatre heures :



Variations de la longueur des tubes germinatifs en fonction du temps

Essai à 29 °C	Pourcentage de germinations				
	Trois heures	Six heures	Douze heures	Dix-huit heures	Vingt-quatre heures
En goutte pendante dans les cellules de Van Tieghem	10 %	40 %	80 %	80 %	80 %
Dans de fines goutelettes sur lames creuses de Ranvier................	25 %	98 %	98 %	98 %	98 %
En atmosphère saturée de vapeur d'eau	0	0	0	15 %	60 %
En atmosphère non saturée	0	0	0	0	0

Ces expériences montrent qu'à la même température les conidies germent d'autant plus vite qu'elles sont en contact avec une goutte d'eau. L'eau sous forme de fines gouttelettes permet une germination plus rapide (presque totale au bout de six heures) que sous forme de grosses gouttes (80 % au bout de douze heures). Dans ce dernier cas, les conidies qui se trouvent au centre de la goutte ne germent pas, il est probable que la quantité d'oxygène dissoute n'y est pas suffisante.

En milieu saturé de vapeur d'eau, la germination se déclenche au bout de dix-huit heures et au bout de vingt-quatre heures ne dépasse pas 60 % à la température optimum.

En milieu non saturé d'humidité, la germination ne se produit pas, même après un long séjour à la température optimum. Mais les conidies par contre résistent à des températures élevées sans perdre leur viabilité : 4 jours à 40°, 24 heures à 50°, tandis qu'à cette dernière température, en milieu saturé, elles sont tuées après 6 heures.

V. DÉGATS

Nous avons vu que *Fusarium equiseti* var. *intermedeum* parasite les fruits des caféiers dès leur nouaison et jusqu'à l'approche de la maturité, mais que les attaques les plus importantes s'observent généralement au cours des premiers stades de leur croissance et jusqu'à ce qu'ils aient atteint le tiers de leur grosseur normale. Sur les fruits plus développés, les dégâts sont moins graves.



Fig. 7. — Graines de *C. robusta* profondément altérées par suite des attaques du *Fusarium*.

L'extension de la maladie et son degré de virulence sont liés étroitement aux conditions atmosphériques. Pendant les périodes pluvieuses chaudes et humides qui succèdent à la floraison, les jeunes fruits sont très exposés aux attaques de ce *Fusarium*. Ils noircissent, se dessèchent, se momifient en restant attachés aux rameaux. Les jeunes ovules sont entièrement détruits et, en sectionnant les fruits, on ne trouve que des ovules résorbés, réduits à leurs enveloppes. Sur les fruits développés portant des graines déjà formées l'action du parasite est identique, le péricarpe est noir et dur et les graines ratatinées sont sans valeur commerciale (Fig. 7).

Des dégâts sérieux ont été observés dans plusieurs plantations de *C. robusta* et *C.* « de la Nana » de l'Oubangui-Chari en 1953, et varient dans l'ensemble entre 3 et 40 % intéressant surtout les jeunes cerises. Les planteurs ont remarqué ces méfaits presque chaque année, mais de moindre importance.

La pluviométrie et l'humidité élevées qui ont sévi depuis la nouaison des fruits jusqu'à mi-novembre expliquent que la maladie ait été plus destructrice cette année. Les pertes étaient plus fortes dans les plantations touffues et mal aérées ainsi que dans les bas-fonds où se maintient presque constamment une humidité élevée.

Etant donné l'importance économique de cette maladie, il est indispensable de recourir à des traitements fongicides qui préserveront les récoltes et limiteront les dégâts surtout les années pendant lesquelles les conditions atmosphériques sont particulièrement favorables à son développement.

VI. MOYENS DE LUTTE

Les observations dans la Nature ainsi que les résultats d'expériences ont permis d'établir que :

1° La contamination des fruits se fait depuis la nouaison et se poursuit jusqu'à l'approche de la maturité.

2° Elle se réalise par les conidies qui se forment abondamment à la surface des fruits atteints et sont transportées par le vent, la pluie et les insectes.

3° Au contact de fines gouttelettes d'eau les conidies germent au bout de quelques heures ; de même, mais plus lentement, en présence d'une humidité saturée de vapeur d'eau. Par conséquent, la contamination des fruits est particulièrement favorisée par temps pluvieux et humide ; par contre, par temps sec les conidies ne germent pas et les risques d'infection sont rares. Les attaques sont plus fréquentes dans les plantations touffues, mal aérées et les bas-fonds où l'humidité se maintient élevée. Pour éliminer ces conditions favorables à la maladie, il est conseillé de prendre les mesures préventives suivantes :

a) Planter les caféiers à des espaces plus grands pour faciliter la circulation d'air et de lumière.

b) Tailler les caféiers et maintenir un nombre réduit de tiges, trois à quatre . Supprimer fréquemment les gourmands.

c) Eviter les ombrages denses.

d) Ne pas planter de caféiers dans les sols trop humides et les bas-fonds, sinon augmenter les écartements.

Etant donné la sensibilité habituelle des *Fusarium* aux sels de cuivre, il est probable que les traitements cupriques permettront de prévenir efficacement les attaques de ce *Fusarium* et de diminuer les dégâts lorsque la maladie se manifeste.

D'ailleurs des essais « *in vitro* » au Laboratoire ont mis en évidence que les sels de cuivre employés à des doses très faibles inhibent la germination des conidies du champignon.

Expériences :

Des solutions de sulfate, oxychlorure, chlorure et acétate de cuivre ont été préparées à des concentrations décroissant de 1 % à 1/2.000. Des conidies du *Fusarium* prélevées directement sur fruits ont été mises en suspension dans des gouttes pendantes des différentes solutions en cellules de Van Tieghem, à raison de quatre pour chacune. Les cellules témoins comportaient des gouttes pendantes d'eau de pluie stérile dans lesquelles étaient déposées des conidies. L'ensemble des préparations était placé dans une étuve réglée à 29° C, et contrôlé deux fois en vingt-quatre heures.

Les résultats figurent dans le tableau ci-après :

Fongicide	Pourcentage de germinations											
	1 %		0,5 %		0,25 %		1/1000		1/2000		Témoin	
	Douze heures	Vingt-quatre heures	Douze heures	Vingt-quatre heures	Douze heures	Vingt-quatre heures	Douze heures	Vingt-quatre heures	Douze heures	Vingt-quatre heures	Douze heures	Vingt-quatre heures
Sulfate de cuivre.	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	98	98
Oxychlorure de cuivre	0	0	0	0	0	0	0	0	17	17	89	89
Chlorure de cuivre	0	0	0	0	0	0	0	0	32	32	96	96
Acétate de cuivre.	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	100	100

De ces expériences, il ressort que les conidies de *F. equiseti* var. *intermedeum*, placées dans des solutions de sulfate, oxychlorure, chlorure et acétate de cuivre aux concentrations 1 %-1 ‰ et soumises à la température optimum, ne germent pas. Dans ces solutions à 1/2.000, on observe suivant les produits 9-45 % de conidies germées, mais les tubes germinatifs sont gênés dans leur croissance et, au bout de vingt-quatre heures, ils n'atteignent que 5-20 μ de long.

Des essais analogues avec les mêmes produits employés aux mêmes concentrations ont été faits sur milieux nutritifs en boîtes de Pétri et ont abouti au même résultat : jusqu'à une concentration de 1 ‰ aucune germination ni prolifération mycélienne ne se produisent.

Enfin une troisième série d'essais a été effectuée en boîtes de Pétri avec des produits commerciaux à base de cuivre : ils se sont également avérés efficaces.

En conséquence, les traitements cupriques sont conseillés pour lutter contre cette maladie fusarienne. Trois sont indispensables surtout pendant les années pluvieuses : le premier doit être effectué aussitôt après la chute des pétales (époque à laquelle la maladie commence à se manifester) ; la dose de sulfate de cuivre ne doit pas alors dépasser 0,5 % pour éviter les brûlures des jeunes fruits et la bouillie doit être légèrement alcaline. Le deuxième traitement doit se faire vingt à trente jours après le premier et à la même dose. Le troisième, un mois plus tard à la dose de 1 %. L'incorporation à la bouillie cuprique d'un insecticide, tel que l'Hexafor ou l'Hexafix, est recommandée pour lutter en même temps contre les insectes qui pullulent à cette période de l'année.

La formule que nous appliquons à la Station Centrale de Boukoko et qui, jusqu'ici, a donné entière satisfaction est la suivantes :

Sulfate de cuivre	0,5-1 kg
Chaux vive (bouillie bordelaise)	q. s. pour neutraliser
ou :	
Carbonate de sodium (bouillie bourguignonne)	q. s. pour neutraliser
Hexafor ou Hexafix	0,4-0,5 kg
Adhésif (caséine)	0,060 kg
Mouillant	0,060 kg
Eau	100 litres

Pour éviter la préparation des bouillies parfois difficile à réaliser, nous conseillons l'emploi de Rhodiacuivre ou de Viricuivre, à la dose de 0,5-1 %, auxquels il convient d'ajouter de la caséine (0,06 %) et un insecticide, Hexafor ou Hexafix, par exemple (0,4-0,5 %).

Ces traitements préserveront également les caféiers contre d'autres affections cryptogamiques, telles que la rouille, due à *Hemileia vastatrix*, l'anthracnose des feuilles et des rameaux, due à *Colletotrichum coffeanum*, etc...

Laboratoire de Phytopathologie
Station Centrale de Boukoko, A. E. F. Décembre 1953.

RÉSUMÉ. — *L'étude morphologique, biologique et expérimentale de cette fusariose conduit aux conclusions suivantes :*

Les caractères microscopiques permettent de ranger le Fusarium *responsable dans la section* Gibbosum. *Par ses caractères culturaux, micrographiques et biométriques, il se rapproche de* F. equiseti, *mais certaines différences permettent d'en créer la variété* intermedeum.

Il s'attaque aux fruits des caféiers durant toute leur croissance, mais les plus fortes infections se produisent au cours des premiers stades de leur développement. Elles débutent par les pédoncules ; la mort des cerises survient rapidement ; bien que non envahies par le mycélium, qui progresse dans les tissus du péricarpe, les graines noircissent et se ratatinent, par suite de l'interruption de la circulation de la sève.

La propagation du parasite se fait uniquement par les micro et macroconidies qui se forment abondamment à la surface des fruits atteints, en constituant un feutrage blanc sale, surtout pendant les périodes humides.

En milieu humide, les conidies germent entre 20 et 33° C. La température optimum est 29°. A 35°, la germination est nulle et, à 40°, les conidies sont tuées au bout de vingt-quatre heures. L'humidité sous forme de fines gouttelettes est très favorable à leur développement ; sous forme de vapeurs saturées, elle ne déclenche qu'une germination lente. En milieu non saturé d'humidité, celle-ci ne se produit pas, mais les conidies résistent alors mieux à l'action de températures élevées.

Les dégâts imputés à cette maladie varient suivant les plantations de 3 à 40 % et sont étroitement liés au degré hygrométrique de l'atmosphère.

Les sels de cuivre, aux concentrations de 1 % à 1 °/°°, inhibent la germination des conidies. A 1/2.000, *elle est partielle et varie de 9 à 45 % suivant les produits employés.*

Les pulvérisations cupriques (bouillies bordelaise ou bourguignonne, ou produits commerciaux), exécutées aussitôt après la chute des pétales à raison de trois traitements espacés chacun de vingt à trente jours, permettront de prévenir la maladie ou tout au moins de limiter les dégâts. La dose de sulfate de cuivre ne doit pas dépasser 0,5-1 %.

SUMMARY. — *The morphological, biological and experimental survey of above mentioned* Fusarium *leads the Author to the following conclusions :*

The microscopic features of this Fusarium *are such that it may be considered as pertaining to the* Gibbosum *section. But its particular cultural, micrographical and biometrical features bring it nearer to* F. equiseti. *However, some of the observed variations justify the creation of an* intermedeum *variety.*

Coffea cherries are attacked by this Fusarium *from the beginning to the end of their development, but the heaviest infections occur during the early stages of the growing season. Infection starts from the fruit stalk and is followed by rapid death of the cherry. Although free from mycelium, which develops into the seed vessel tissues, the seeds become black and shrivelled by reason of inhibition of sap circulation.*

Sole propagators of the disease are the micro and macroconidias which can be found in abundance on the diseased fruits, forming a whitish mat, specially during the rainy periods.

In a damp medium, conidias may germ between 20 *and* 33° *C. optimum temperature being* 29° *C. No germination occurs when temperature attains* 35° *C. and when at* 40° *C., conidias are killed within the following* 24 *hours. If in fine droplets, the water is most favorable to their development, but saturated vapour will only allow for slow germination. When the medium is not saturated with humidity germination does not occur, but conidias offer greater resistance to the effect of high temperatures.*

Damages caused by this disease vary from 3 *to* 40 %, *in the different plantations and are strictly relevant from the ambiant hygrometry.*

Concentrations of copper salts from 1 % *to* 1 °/°° *inhibit conidial germination. But, concentrations of* 1/2.000 *attain only partial inhibition varying from* 9 *to* 45 % *according to the substances employed.*

Copper sprays (Bordeaux or Burgundy mixtures, and other branded products) carried out immediately after shedding of the petals, with three treatments, each one of these at an interval of twenty to thirty days from the other, may protect the fruits from the disease, and in any case limit the damages. Dosage of copper sulphate should never be superior to 0,5-1 %.

RESUMEN. — *El estudio morfologico, biologico y experimental de esto* Fusarium *llega a las siguientes conclusiones :*

Los caracteres microcospicos proprios a tal Fusarium *indican la posibilidad de clasificarlo en la Seccion* Gibbosum. *Pero los caracteres culturales, micrograficos y biometricos del mismo, lo acercan de* F. equiseti, *dejando todavia que la existencia de algunas diferencias justifican la creacion de una variedad* intermedeum.

Los ataques de las frutas de café estan llevados a cabo por este Fusarium *durante todo el periodo de su desarollo, pero las infecciones las mas intensas se observan a los stadios iniciales de este desarollo. En primer lugar vienen infectados los pedonculos, lo mismos siendo imediatamente seguidos por la necrosis de las fruitas. Pero, a pesar de que las sementes quedan imunes de mycelium, cuyo desarollo se hace en los tecidos del pericarpo, estas se ponen negras y se arrugan, estado debido a la inhibicion de la circulacion de la savia.*

La propagacion de esta enfermedad sola puede ser llevada a cabo por las micro y macroconidias que se encuentran en abundancia sobre las frutas enfermas, formando un tapete fieltrado mas o meno blanco, particularmente durante los periodos humedos.

En medio humedo, la germinacion de las conidias se cumple entre 20 *y* 33° *C. La temperatura optima es la de* 29° *C. A* 35° *C. no se observa ninguna germinacion, y a* 40° *C. las conidias mueren dentro de veinte y cuatro horas.*

Humedad en forma de gotas muy finas, es la que mas favorece a la germinacion. En forma de vapor saturada, esta misma humedad no permite mas que una lenta germinacion. En medio non saturado de humedad, no se observe ninguna germinacion ; pero las conidias ofrecen mayor resistencia a las temperaturas altas.

Los danos resultando de esta enfermedad varian segun las plantaciones de 3 a 40 % y son estrechamente vinculados a el grado hygrometrico ambiente.

Los sales de cobre con concentraciones variando de 1 % a 1 °/°° causan la inhibicion de la germinacion de las conidias. Siendo la concentracion de 1/2.000 no resultata mas que 9 a 45 % de la germinacion, segun los productos empleados.

Pulverizaciones cupricas (Caldo bordeles y borguinon y otros productos del comercio) llevadas a cabo imediatamente despues de la caida de los petalos, a razon de tres tratamientos efectuados a intervalos de veinte a trenta dias entre cada uno permiten de protegir las plantas de esta enfermedad, y en todos casos de limitar los danos. La dosa de sulfato de cobre no debe oltrapassar 0,5 a 1 %.

BIBLIOGRAPHIE

Bugnicourt (F.). — Les *Fusarium* et *Cylindrocarpon* de l'Indochine. Paris, 1939.

Gordon (W. L.). — The occurrence of *Fusarium* species in Canada. II. Prevalence and taxonomy of *Fusarium* species in Cereal seed. Winnipeg, 1952.

Saccardo (P. A.). — *Sylloge Fungorum.*

Wollenweber (H. W.), Reinking (O. A.). — Die Fusarien, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung. Paul Parey, Berlin, 1935.

